

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Tomohiro OKUMURA et al.

Serial No. NEW

Filed February 23, 2000

PLASMA PROCESSING METHOD AND  
APPARATUS

:

:

:

:

Attn: APPLICATION BRANCH

Docket 00177/530809



A handwritten signature, possibly "H3", located below the stamp and barcode.

**CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119**

Assistant Commissioner for Patents,  
Washington, DC 20231

Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the dates of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 11-044359, filed February 23, 1999, and Japanese Patent Application No. 11-046245, filed February 24, 1999, as acknowledged in the Declaration of this application.

Certified copies of said Japanese Patent Application are submitted herewith.

Respectfully submitted,

Tomohiro OKUMURA et al.

By A handwritten signature of Charles R. Watts, located above the printed name.

Charles R. Watts  
Registration No. 33,142  
Attorney for Applicants

CRW/asd  
Washington, D.C. 20006  
Telephone (202) 721-8200  
Facsimile (202) 721-8250  
February 23, 2000

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

U.S. PTO  
09/511398  
02/23/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 2 月 2 3 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年 特 許 願 第 0 4 4 3 5 9 号

出 願 人

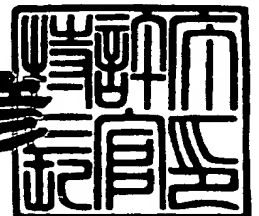
Applicant (s):

松下電器産業株式会社

2 0 0 0 年 1 月 2 1 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出 証 番 号 出 証 特 平 1 1 - 3 0 9 4 9 7 1

【書類名】 特許願  
【整理番号】 2018100421  
【提出日】 平成11年 2月23日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 21/302

---

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 奥村 智洋

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 原口 秀夫

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 松井 卓也

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 松田 出

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 三橋 章男

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

---

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、真空容器内の基板電極に載置された基板に対向して設けられた対向電極に、周波数 5 0 M H z 乃至 3 G H z の高周波電力を印加することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、基板を処理するプラズマ処理方法であって、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップによって、基板上のプラズマ分布が制御された状態で基板を処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 2】 真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、アンテナに周波数 5 0 M H z 乃至 3 G H z の高周波電力を印加することにより、真空容器内の基板電極に載置された基板に対向して設けられた誘電体窓を介して、真空容器内に電磁波を放射することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、基板を処理するプラズマ処理方法であって、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップによって、基板上のプラズマ分布が制御された状態で基板を処理することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 3】 真空容器内壁面を構成する、基板に対向する面のうち、プラズマトラップによって囲まれた部分の面積が、基板の面積の 0. 5 乃至 2. 5 倍であることを特徴とする、請求項 1 または 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】 プラズマトラップの溝幅が、3 m m 乃至 5 0 m m であることを特徴とする、請求項 1 または 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 5】 プラズマトラップの溝深さが、5 m m 以上であることを特徴とする、請求項 1 または 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】 プラズマトラップが、対向電極に設けられていることを特徴とする、請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 7】 プラズマトラップが、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングに設けられていることを特徴とする、請求項 1 記載のプラズマ処理方

法。

【請求項 8】 プラズマトラップが、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングの外側に設けられていることを特徴とする、請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 9】 プラズマトラップが、対向電極と、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングとの間に設けられていることを特徴とする、請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 10】 プラズマトラップが、真空容器と、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングとの間に設けられていることを特徴とする、請求項 1 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 11】 プラズマトラップが、誘電体窓に設けられていることを特徴とする、請求項 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 12】 プラズマトラップが、誘電体窓の外側に設けられていることを特徴とする、請求項 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 13】 プラズマトラップが、真空容器と、誘電体窓との間に設けられていることを特徴とする、請求項 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 14】 真空容器内に直流磁界が存在しないことを特徴とする、請求項 1 または 2 記載のプラズマ処理方法。

【請求項 15】 真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内に基板を載置するための基板電極と、基板電極に対向して設けられた対向電極と、対向電極に周波数 50MHz 乃至 3GHz の高周波電力を供給することのできる高周波電源と、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップとを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 16】 真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内に基板を載置するための基板電極と、基板電極に対向して設けられた誘電体窓と、誘電体窓を介して真空容器内に電磁波を放射するためのアンテナと、アンテナに周波数 50MHz 乃至 3GHz の高周波電力を供給することのできる高周波電源と、基板に対向し

て設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップとを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 7】 真空容器内壁面を構成する基板に対向する面のうち、プラズマトラップによって囲まれた部分の面積が、基板の面積の 0.5 乃至 2.5 倍であることを特徴とする、請求項 1-5 または 1-6 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 8】 プラズマトラップの溝幅が、3 mm 乃至 50 mm であることを特徴とする、請求項 1 5 または 1 6 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 9】 プラズマトラップの溝深さが、5 mm 以上であることを特徴とする、請求項 1 5 または 1 6 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 0】 プラズマトラップが、対向電極に設けられていることを特徴とする、請求項 1 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 1】 プラズマトラップが、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングに設けられていることを特徴とする、請求項 1 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 2】 プラズマトラップが、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングの外側に設けられていることを特徴とする、請求項 1 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 3】 プラズマトラップが、対向電極と、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングとの間に設けられていることを特徴とする、請求項 1 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 4】 プラズマトラップが、真空容器と、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングとの間に設けられていることを特徴とする、請求項 1 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 5】 プラズマトラップが、誘電体窓に設けられていることを特徴とする、請求項 1 6 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 6】 プラズマトラップが、誘電体窓の外側に設けられていることを特徴とする、請求項 1 6 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 2 7】 プラズマトラップが、真空容器と、誘電体窓との間に設けられていることを特徴とする、請求項 1 6 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 28】 真空容器内に直流磁界を印加するためのコイルまたは永久磁石を備えていないことを特徴とする、請求項 15 または 16 記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、半導体等の電子デバイスやマイクロマシンの製造に利用されるドライエッチング、スパッタリング、プラズマ CVD 等のプラズマ処理方法及び装置に関し、特に VHF 帯または UHF 帯の高周波電力を用いて励起するプラズマを利用するプラズマ処理方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体等の電子デバイスの微細化に対応するために、高密度プラズマの利用が重要であることについて、特開平 8-83696 号公報に述べられているが、最近では、電子密度が高くかつ電子温度の低い、低電子温度プラズマが注目されている。

【0003】

$\text{Cl}_2$  や  $\text{SF}_6$  等のように負性の強いガス、言い換えれば、負イオンが生じやすいガスをプラズマ化したとき、電子温度が 3 eV 程度以下になると、電子温度が高いときに比べてより多量の負イオンが生成される。この現象を利用すると、正イオンの入射過多によって微細パターンの底部に正電荷が蓄積されることによって起きる、ノッチと呼ばれるエッチング形状異常を防止することができ、極めて微細なパターンのエッチングを高精度に行うことができる。

【0004】

また、シリコン酸化膜等の絶縁膜のエッチングを行う際に一般的に用いられる  $\text{C}_x\text{F}_y$  や  $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$  ( $x$ 、 $y$ 、 $z$  は自然数) 等の炭素及びフッ素を含むガスをプラズマ化したとき、電子温度が 3 eV 程度以下になると、電子温度が高いときに比べてガスの解離が抑制され、とくに F 原子や F ラジカル等の生成が抑えられる。F 原子や F ラジカル等はシリコンをエッチングする速度が早いため、電子



温度が低い方が対シリコンエッチング選択比の大きい絶縁膜エッチングが可能になる。

## 【0005】

また、電子温度が3 e V以下になると、イオン温度やプラズマ電位も低下するので、プラズマCVDにおける基板へのイオンダメージを低減することができる。

## 【0006】

電子温度の低いプラズマを生成できる技術として現在注目されているのは、VHF帯またはUHF帯の高周波電力を用いるプラズマ源である。

## 【0007】

図15は、2周波励起式平行平板型プラズマ処理装置の断面図である。図15において、真空容器1内にガス供給装置2から所定のガスを導入しつつ排気装置としてのポンプ3により排気を行い、真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、対向電極用高周波電源4により100MHzの高周波電力を対向電極5に供給すると、真空容器1内にプラズマが発生し、基板電極6上に載置された基板7に対してエッチング、堆積、表面改質等のプラズマ処理を行うことができる。このとき、図15に示すように、基板電極6にも基板電極用高周波電源8により高周波電力を供給することで、基板7に到達するイオンエネルギーを制御することができる。なお、対向電極5は、絶縁リング11により、真空容器と絶縁されている。

## 【0008】

図16は我々がすでに提案しているアンテナ方式プラズマ源を搭載したプラズマ処理装置の断面図である。図16において、真空容器1内にガス供給装置2から所定のガスを導入しつつ排気装置としてのポンプ3により排気を行い、真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、アンテナ用高周波電源12により100MHzの高周波電力を、誘電体窓14上の渦形アンテナ13に供給すると、真空容器1内に放射された電磁波によって真空容器1内にプラズマが発生し、基板電極6上に載置された基板7に対してエッチング、堆積、表面改質等のプラズマ処理を行うことができる。このとき、図16に示すように、基板電極6にも基板電極用

高周波電源 8 により高周波電力を供給することで、基板 7 に到達するイオンエネルギーを制御することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図 1-5 や図 1-6 に示した従来の方式では、プラズマの均一性を得ることが難しいという問題点があった。

【0010】

図 1 7 は、図 1 5 のプラズマ処理装置において、イオン飽和電流密度を、基板 7 の直上 20 mm の位置において測定した結果である。プラズマ発生条件は、ガス種とガス流量が  $C12 = 100 \text{ sccm}$ 、圧力が  $1 \text{ Pa}$ 、高周波電力が  $2 \text{ kW}$  である。図 1 7 から、周辺部でプラズマ密度が高くなっていることがわかる。

【0011】

図 1 8 は、図 1 6 のプラズマ処理装置において、イオン飽和電流密度を、基板 7 の直上 20 mm の位置において測定した結果である。プラズマ発生条件は、ガス種とガス流量が  $C12 = 100 \text{ sccm}$ 、圧力が  $1 \text{ Pa}$ 、高周波電力が  $2 \text{ kW}$  である。図 1 8 から、周辺部でプラズマ密度が高くなっていることがわかる。

【0012】

このようなプラズマの不均一は、高周波電力の周波数が  $50 \text{ MHz}$  以下の場合には見られなかった現象である。プラズマの電子温度を下げるためには、 $50 \text{ MHz}$  以上の高周波電力を用いる必要があるが、この周波数帯では、対向電極やアンテナとプラズマとが容量的または誘導的に結合することによってプラズマが生成されるという効果に加えて、対向電極やアンテナから放射される電磁波がプラズマの表面を伝搬することによってプラズマが生成されるという効果が現れる。真空容器の周辺部は、プラズマの表面を伝搬してきた電磁波の反射面となるため電界が強くなり、濃いプラズマが発生してしまうものと考えられる。

【0013】

本発明は、上記従来の問題点に鑑み、均一なプラズマを発生させることができるプラズマ処理方法及び装置を提供することを目的としている。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本願の第 1 発明のプラズマ処理方法は、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、真空容器内の基板電極に載置された基板に対向して設けられた対向電極に、周波数 5 0 M H z 乃至 3 G H z の高周波電力を印加することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、基板を処理するプラズマ処理方法であって、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップによって、基板上のプラズマ分布が制御された状態で基板を処理することを特徴とする。

【0 0 1 5】

本願の第 2 発明のプラズマ処理方法は、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、アンテナに周波数 5 0 M H z 乃至 3 G H z の高周波電力を印加することにより、真空容器内の基板電極に載置された基板に対向して設けられた誘電体窓を介して、真空容器内に電磁波を放射することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、基板を処理するプラズマ処理方法であって、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップによって、基板上のプラズマ分布が制御された状態で基板を処理することを特徴とする。

【0 0 1 6】

本願の第 1 または第 2 発明のプラズマ処理方法において、好適には、真空容器内壁面を構成する、基板に対向する面のうち、プラズマトラップによって囲まれた部分の面積が、基板の面積の 0. 5 乃至 2. 5 倍であることが望ましい。

【0 0 1 7】

また、好適には、プラズマトラップの溝幅が、3 m m 乃至 5 0 m m であることが望ましい。

【0 0 1 8】

また、好適には、プラズマトラップの溝深さが、5 m m 以上であることが望ましい。

【0 0 1 9】

本願の第 1 発明のプラズマ処理方法において、プラズマトラップは、対向電極

に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングに設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングの外側に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、対向電極と、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングとの間に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、真空容器と、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングとの間に設けられていてもよい。

【 0 0 2 0 】

本願の第 2 発明のプラズマ処理方法において、プラズマトラップは、誘電体窓に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、誘電体窓の外側に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、真空容器と、誘電体窓との間に設けられていてもよい。

【 0 0 2 1 】

本願の第 1 または第 2 発明のプラズマ処理方法は、真空容器内に直流磁界が存在しない場合にとくに有効なプラズマ処理方法である。

【 0 0 2 2 】

本願の第 3 発明のプラズマ処理装置は、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内に基板を載置するための基板電極と、基板電極に対向して設けられた対向電極と、対向電極に周波数 5 0 M H z 乃至 3 G H z の高周波電力を供給することのできる高周波電源と、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップとを備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

本願の第 4 発明のプラズマ処理装置は、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内に基板を載置するための基板電極と、基板電極に対向して設けられた誘電体窓と、誘電体窓を介して真空容器内に電磁波を放射するためのアンテナと、アンテナに周波数 5 0 M H z 乃至 3 G H z の高周波電力を供給することのできる高周波電源と、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップとを備え

たことを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

本願の第 3 または第 4 発明のプラズマ処理装置において、好適には、真空容器内壁面を構成する、基板に対向する面のうち、プラズマトラップによって囲まれた部分の面積が、基板の面積の 0.5 乃至 2.5 倍であることが望ましい。

【 0 0 2 5 】

また、好適には、プラズマトラップの溝幅が、3 mm 乃至 50 mm であることが望ましい。

【 0 0 2 6 】

また、好適には、プラズマトラップの溝深さが、5 mm 以上であることが望ましい。

【 0 0 2 7 】

本願の第 3 発明のプラズマ処理装置において、プラズマトラップは、対向電極に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングに設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングの外側に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、対向電極と、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングとの間に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、真空容器と、真空容器と対向電極とを絶縁するための絶縁リングとの間に設けられていてもよい。

【 0 0 2 8 】

本願の第 4 発明のプラズマ処理装置において、プラズマトラップは、誘電体窓に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、誘電体窓の外側に設けられていてもよい。また、プラズマトラップは、真空容器と、誘電体窓との間に設けられていてもよい。

【 0 0 2 9 】

本願の第 3 または 4 発明のプラズマ処理装置は、真空容器内に直流磁界を印加するためのコイルまたは永久磁石を備えていない場合にとくに有効なプラズマ処理装置である。

【0030】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1実施形態について、図1及び図2を参照して説明する。

【0031】

図1に、本発明の第1実施形態において用いたプラズマ処理装置の断面図を示す。図1において、真空容器1内に、ガス供給装置2から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのポンプ3により排気を行い、真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、対向電極用高周波電源4により100MHzの高周波電力を対向電極5に供給することにより、真空容器1内にプラズマが発生し、基板電極6上に載置された基板7に対してエッチング、堆積、表面改質等のプラズマ処理を行うことができる。また、基板電極6に高周波電力を供給するための基板電極用高周波電源8が設けられており、基板7に到達するイオンエネルギーを制御することができるようになっている。また、基板7に対向して設けられた、環状でかつ溝状のプラズマトラップ9によって、基板上のプラズマ分布が制御された状態で基板を処理することができるようになっている。プラズマトラップ9は、対向電極5に設けられている。真空容器1内壁面を構成する、基板に対向する面のうち、プラズマトラップ9によって囲まれた部分10（斜線部）の面積は、基板の面積の0.8倍である。また、プラズマトラップ9の溝幅は10mmであり、プラズマトラップ9の溝深さは15mmである。なお、対向電極5は、絶縁リング11により、真空容器と絶縁されている。

【0032】

図2に、イオン飽和電流密度を、基板7の直上20mmの位置において測定した結果を示す。プラズマ発生条件は、ガス種とガス流量が $\text{Cl}_2 = 100 \text{ sccm}$ 、圧力が1Pa、高周波電力が2kWである。図2から、図17で見られたような周辺部のプラズマが濃いという傾向が抑制され、均一なプラズマが発生していることがわかる。

【0033】

このように、従来例の図15で示したプラズマ処理装置と比較してプラズマの均一性が改善した原因として、以下のことが考えられる。対向電極5から放射さ

れた電磁波は、プラズマトラップ 9 で強められる。また、低電子温度プラズマではホローカソード放電が起きやすい傾向があるため、固体表面で囲まれたプラズマトラップ 9 で高密度のプラズマ（ホローカソード放電）が生成しやすくなっている。したがって、真空容器 1 内では、プラズマ密度がプラズマトラップ 9 で最も高くなり、拡散によって基板 7 近傍までプラズマが輸送されることで、均一なプラズマが得られたものと考えられる。

## 【 0 0 3 4 】

なお、ホローカソード放電とは、以下のようなものである。一般に、プラズマに接している固体表面は、電子とイオンの熱運動速度の違いに起因して負に帯電するため、固体表面に電子を固体表面から追い返す直流電界が生じる。本発明の第 1 実施形態で例示したプラズマトラップ 9 のように、固体表面によって囲まれた空間では、電子がこの直流電界の存在により、固体表面に衝突する確率が低下するため、電子の寿命が長くなり、その結果、プラズマトラップ 9 で高密度のプラズマが生成される。このような放電を、ホローカソード放電という。

## 【 0 0 3 5 】

以上述べた本発明の第 1 実施形態において、プラズマトラップ 9 が対向電極 5 に設けられている場合について説明したが、この場合、対向電極 5 に発生する自己バイアス電圧によって、プラズマトラップ 9 に存在する高密度イオンが高いエネルギーで対向電極 5 に衝突し、対向電極 5 のスパッタリングを生じるおそれがある。対向電極 5 のスパッタリングは、対向電極 5 の短命化や、基板 7 への不純物混入を招くという点で好ましくない。これを避けるためには、プラズマトラップを対向電極 5 以外の部分に構成すればよい。例えば、プラズマトラップ 9 を、図 3 の第 2 実施形態に示すように、絶縁リング 1 1 に設けることが考えられる。また、プラズマトラップ 9 を、図 4 の第 3 実施形態に示すように、絶縁リング 1 1 の外側に設けることが考えられる。また、プラズマトラップ 9 を、図 5 の第 4 実施形態または図 6 の第 5 実施形態に示すように、対向電極 5 と絶縁リング 1 1 との間に設けることによっても、若干の改善を図ることが可能である。また、プラズマトラップ 9 を、図 7 の第 6 実施形態に示すように、真空容器 1 と絶縁リング 1 1 との間に設けることが考えられる。

## 【0036】

次に、本発明の第7実施形態について、図8及び図9を参照して説明する。

## 【0037】

図8に、本発明の第7実施形態において用いたプラズマ処理装置の断面図を示す。図8において、真空容器1内に、ガス供給装置2から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのポンプ3により排気を行い、真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、アンテナ用高周波電源12により100MHzの高周波電力を渦形のアンテナ13に印加し、基板電極6に載置された基板7に対向して設けられた誘電体窓14を介して、真空容器1内に電磁波を放射することにより、真空容器1内にプラズマが発生し、基板7に対してエッチング、堆積、表面改質等のプラズマ処理を行うことができる。また、基板電極6に高周波電力を供給するための基板電極用高周波電源8が設けられており、基板7に到達するイオンエネルギーを制御することができるようになっている。また、基板7に対向して設けられた、環状でかつ溝状のプラズマトラップ9によって、基板上のプラズマ分布が制御された状態で基板を処理することができるようになっている。プラズマトラップ9は、誘電体窓14に設けられている。真空容器1内壁面を構成する、基板7に対向する面のうち、プラズマトラップ9によって囲まれた部分10（斜線部）の面積は、基板の面積の0.8倍である。また、プラズマトラップ9の溝幅は10mmであり、プラズマトラップ9の溝深さは15mmである。

## 【0038】

図9に、イオン飽和電流密度を、基板7の直上20mmの位置において測定した結果を示す。プラズマ発生条件は、ガス種とガス流量が $C12 = 100 \text{ sccm}$ 、圧力が1Pa、高周波電力が2kWである。図9から、図18で見られたような周辺部のプラズマが濃いという傾向が抑制され、均一なプラズマが発生していることがわかる。

## 【0039】

このように、従来例の図16で示したプラズマ処理装置と比較してプラズマの均一性が改善した原因として、以下のことが考えられる。アンテナ13から放射された電磁波は、プラズマトラップ9で強められる。また、低電子温度プラズマ



ではホローカソード放電が起きやすい傾向があるため、固体表面で囲まれたプラズマトラップ 9 で高密度のプラズマ（ホローカソード放電）が生成しやすくなっている。したがって、真空容器 1 内では、プラズマ密度がプラズマトラップ 9 で最も高くなり、拡散によって基板 7 近傍までプラズマが輸送されることで、均一なプラズマが得られたものと考えられる。

## 【0 0 4 0】

以上述べた本発明の第 7 実施形態において、プラズマトラップ 9 が誘電体窓 1 4 に設けられている場合について説明したが、プラズマトラップ 9 は、図 1 0 の第 8 実施形態に示すように、誘電体窓 1 4 の外側に設けられていてもよい。また、プラズマトラップ 9 は、図 1 1 の第 9 実施形態に示すように、真空容器 1 と、誘電体窓 1 4 との間に設けられていてもよい。

## 【0 0 4 1】

以上述べた本発明の実施形態においては、本発明の適用範囲のうち、真空容器の形状、対向電極またはアンテナの形状及び配置、誘電体の形状及び配置、プラズマトラップの形状及び配置に関して様々なバリエーションのうちの一部を例示したに過ぎない。本発明の適用にあたり、ここで例示した以外にも様々なバリエーションが考えられることは、いうまでもない。例えば、本発明の実施形態においては、対向電極が円形である場合について説明したが、多角形、楕円形等他の形状による構成も可能である。同様に、アンテナが渦形である場合について説明したが、平板状、スポーク状等他の形状による構成も可能である。あるいは、図 1 2 に示すような、空洞共振器 1 5 を備えた表面波プラズマ処理装置において、空洞共振器 1 5 をアンテナと見なして本発明を適用することも可能である。また、図 1 3 に示すような、空洞共振器 1 5 とスロットアンテナ 1 6 を備えた表面波プラズマ処理装置においても、本発明を適用することも可能である。

## 【0 0 4 2】

また、以上述べた本発明の実施形態において、プラズマトラップが円環状である場合について説明したが、基板の形状に合わせて、プラズマトラップの形状を多角形、楕円形等他の形状にすることも可能である。あるいは、プラズマトラップを、閉じた環状にするのではなく、図 1 4 に示す平面図のように、分断されて

はいるが、全体として環状を成す形状とすることも可能である。

【0043】

また、以上述べた本発明の第1または第7実施形態において、対向電極またはアンテナに100MHzの高周波電力を供給する場合について説明したが、周波数はこれに限定されるものではなく、50MHz乃至3GHzの周波数を用いるプラズマ処理方法及び装置において、本発明は有効である。

【0044】

また、以上述べた本発明の第1または第7実施形態において、真空容器内壁面を構成する、基板に対向する面のうち、プラズマトラップによって囲まれた部分の面積が、基板の面積の0.8である場合について説明したが、この部分の面積は、基板の面積の0.5乃至2.5倍であることが望ましい。この部分の面積が基板の面積の0.5倍未満である場合は、基板とプラズマトラップとの距離を十分離しても、基板近傍で均一なプラズマを得ることが難しくなる。また、この部分の面積が基板の面積の2.5倍を越える場合は、基板近傍で均一なプラズマを得るには、基板とプラズマトラップとの距離を極めて大きく離す必要があり、装置の大型化を招き、また、真空容器内を低圧に保つためにポンプに多大の負担を強いることになるため、好ましくない。

【0045】

また、以上述べた本発明の第1または第7実施形態において、プラズマトラップの溝幅が10mmである場合について説明したが、プラズマトラップの溝幅は、3mm乃至50mmであることが望ましい。溝幅が3mm未満である場合、または、50mmを越える場合は、プラズマトラップでホローカソード放電が起きない可能性がある。

【0046】

また、各実施形態においては、溝の形状としては、矩形状について説明したが、U形状、V形状でもよく、また、矩形状、U形状、V形状を組み合わせた形状でも良い。

【0047】

また、以上述べた本発明の第1または第7実施形態において、プラズマトラッ

プの溝深さが15mmである場合について説明したが、プラズマトラップの溝深さは、5mm以上であることが望ましい。溝深さが5mm未満である場合は、プラズマトラップでホローカソード放電が起きない可能性がある。

【0048】

また、以上述べた本発明の実施形態において、真空容器内に直流磁界が存在しない場合について説明したが、高周波電力がプラズマ中に浸入できるようになるほどの大きな直流磁界が存在しない場合、例えば、着火性の改善のために数十ガウス程度の小さな直流磁界を用いる場合においても、本発明は有効である。しかし、本発明は、真空容器内に直流磁界が存在しない場合にとくに有効である。

【0049】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本願の第1発明のプラズマ処理方法によれば、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、真空容器内の基板電極に載置された基板に対向して設けられた対向電極に、周波数50MHz乃至3GHzの高周波電力を印加することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、基板を処理するプラズマ処理方法であって、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップによって、基板上のプラズマ分布が制御された状態で基板を処理するため、均一なプラズマを発生させることができ、基板を均一に処理することができる。

【0050】

また、本願の第2発明のプラズマ処理方法によれば、真空容器内にガスを供給しつつ真空容器内を排気し、真空容器内を所定の圧力に制御しながら、アンテナに周波数50MHz乃至3GHzの高周波電力を印加することにより、真空容器内の基板電極に載置された基板に対向して設けられた誘電体窓を介して、真空容器内に電磁波を放射することにより、真空容器内にプラズマを発生させ、基板を処理するプラズマ処理方法であって、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップによって、基板上のプラズマ分布が制御された状態で基板を処理するため、均一なプラズマを発生させることができ、基板を均一に処理することができる。

【0051】

また、本願の第3発明のプラズマ処理装置によれば、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内に基板を載置するための基板電極と、基板電極に対向して設けられた対向電極と、対向電極に周波数50MHz乃至3GHzの高周波電力を供給することのできる高周波電源と、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップとを備えたため、均一なプラズマを発生させることができ、基板を均一に処理することができる。

【0052】

また、本願の第4発明のプラズマ処理装置によれば、真空容器と、真空容器内にガスを供給するためのガス供給装置と、真空容器内を排気するための排気装置と、真空容器内に基板を載置するための基板電極と、基板電極に対向して設けられた誘電体窓と、誘電体窓を介して真空容器内に電磁波を放射するためのアンテナと、アンテナに周波数50MHz乃至3GHzの高周波電力を供給することのできる高周波電源と、基板に対向して設けられた環状でかつ溝状のプラズマトラップとを備えたため、均一なプラズマを発生させることができ、基板を均一に処理することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図2】

本発明の第1実施形態における、イオン飽和電流密度の測定結果を示す図

【図3】

本発明の第2実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図4】

本発明の第3実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図5】

本発明の第4実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図6】

本発明の第 5 実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図 7】

本発明の第 6 実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図 8】

本発明の第 7 実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図 9】

本発明の第 7 実施形態における、イオン飽和電流密度の測定結果を示す図

【図 1 0】

本発明の第 8 実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図 1 1】

本発明の第 9 実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図 1 2】

本発明の他の実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図 1 3】

本発明の他の実施形態で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図 1 4】

本発明の他の実施形態で用いたプラズマトラップの構成を示す平面図

【図 1 5】

従来例で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図 1 6】

従来例で用いたプラズマ処理装置の構成を示す断面図

【図 1 7】

従来例における、イオン飽和電流密度の測定結果を示す図

【図 1 8】

従来例における、イオン飽和電流密度の測定結果を示す図

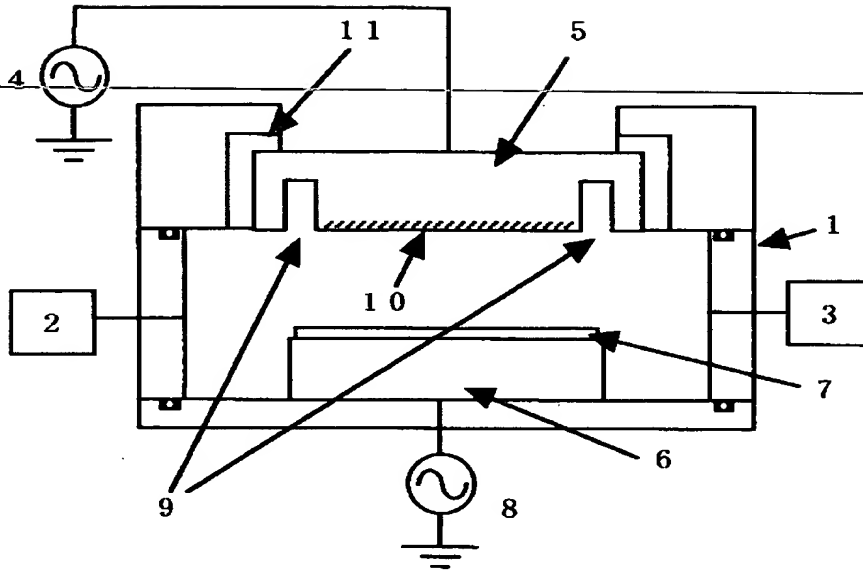
【符号の説明】

- 1 真空容器
- 2 ガス供給装置
- 3 ポンプ

- 4 対向電極用高周波電源
- 5 対向電極
- 6 基板電極
- 7 基板
- ~~8 基板電極用高周波電源~~
- 9 プラズマトラップ
- 1 0 プラズマトラップによって囲まれた部分（斜線部）
- 1 1 絶縁リング

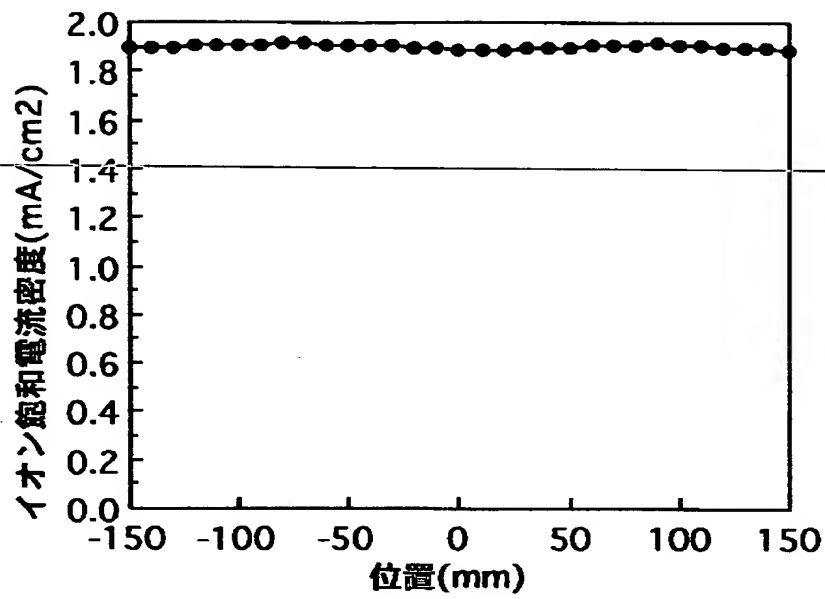
【書類名】 図面

【図 1】

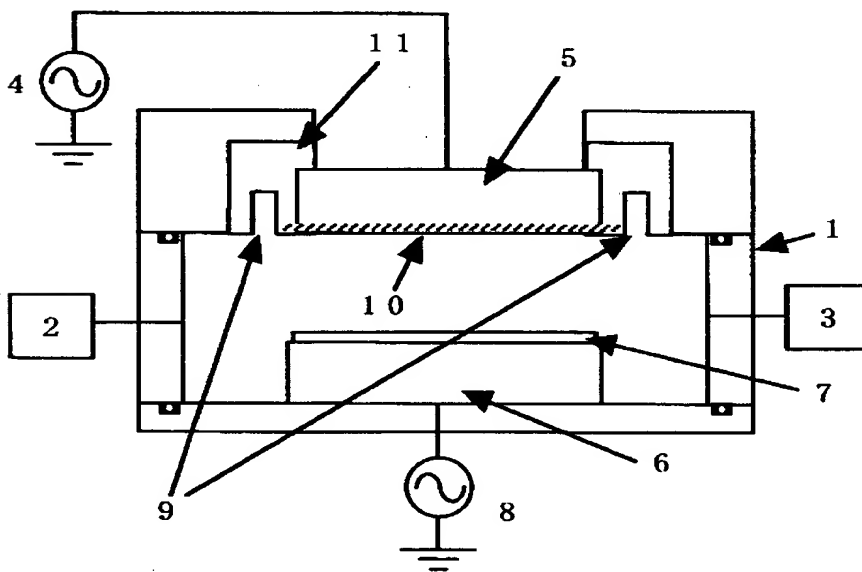


- 1 . . . 真空容器
- 2 . . . ガス供給装置
- 3 . . . ポンプ
- 4 . . . 対向電極用高周波電源
- 5 . . . 対向電極
- 6 . . . 基板電極
- 7 . . . 基板
- 8 . . . 基板電極用高周波電源
- 9 . . . プラズマトラップ
- 10 . . . プラズマトラップによって囲まれた部分（斜線部）
- 11 . . . 絶縁リング

【図 2】

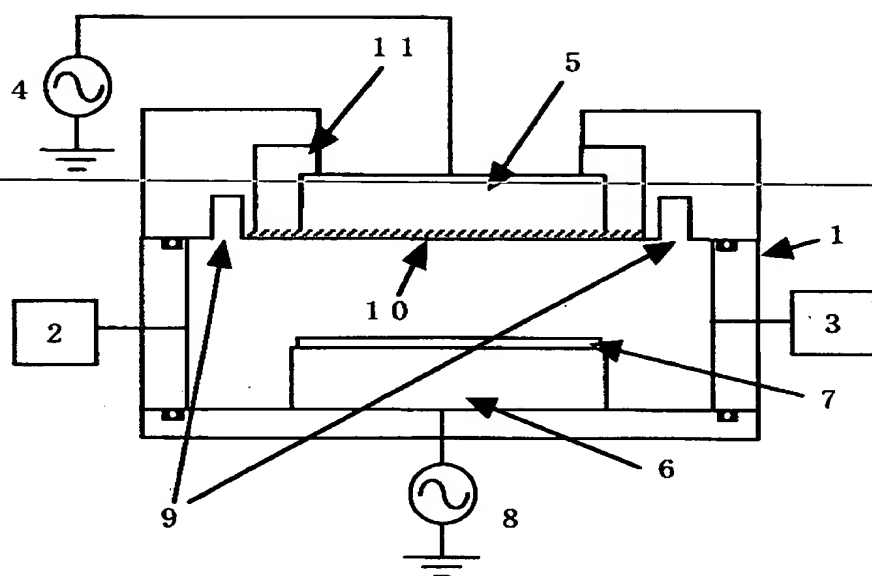


【図 3】

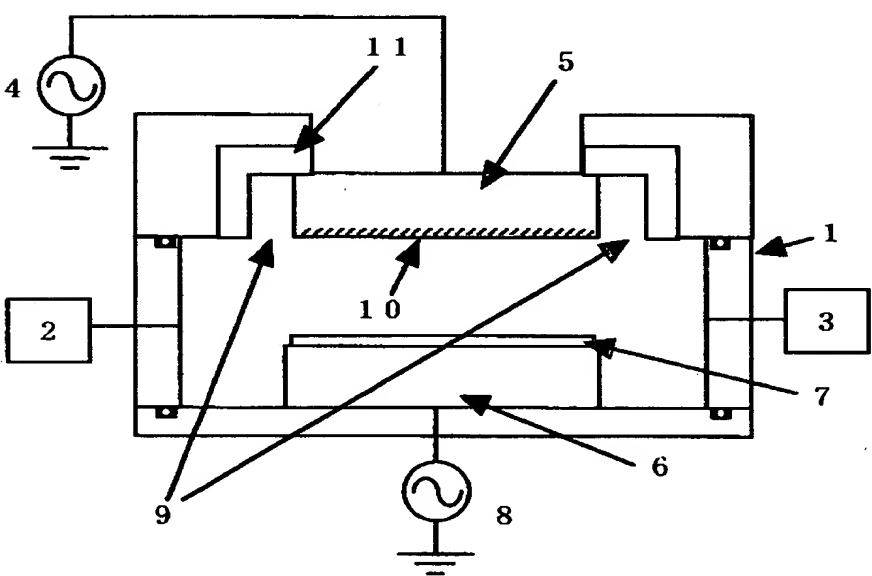




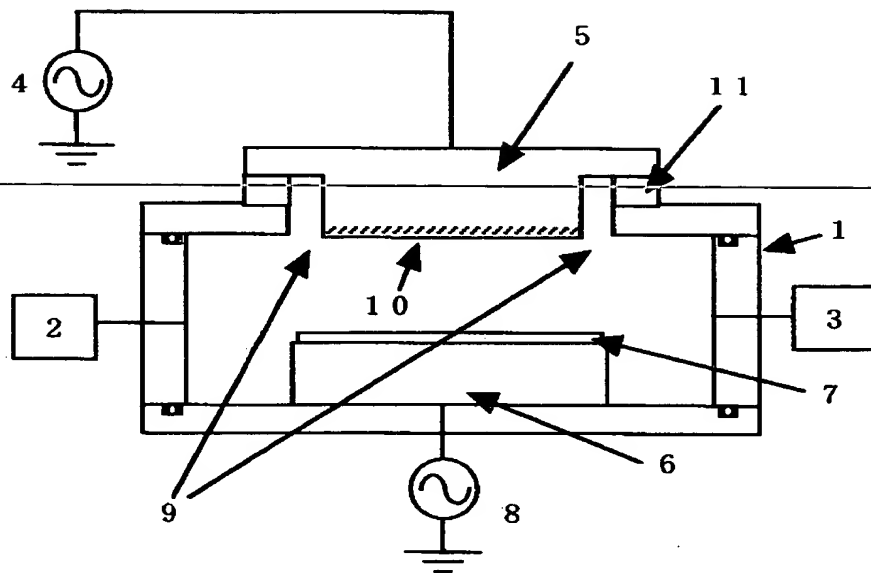
【図 4】



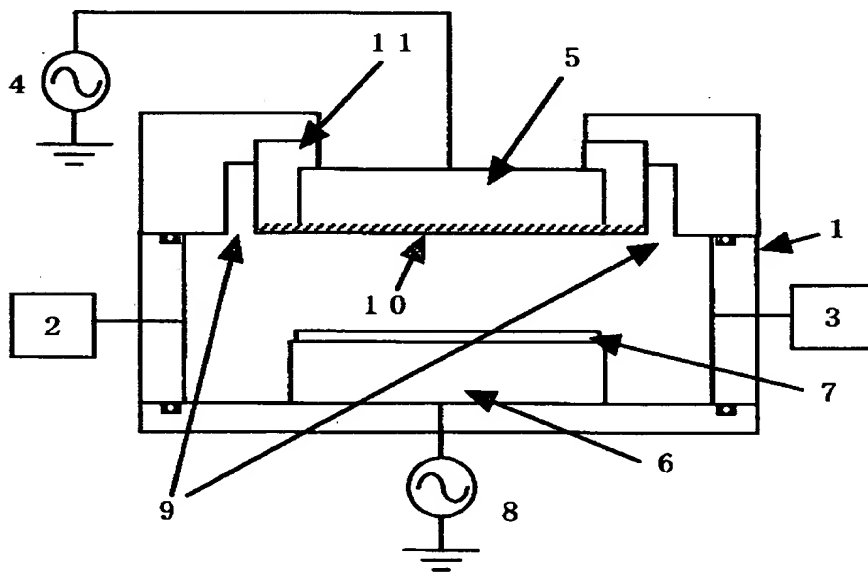
【図 5】



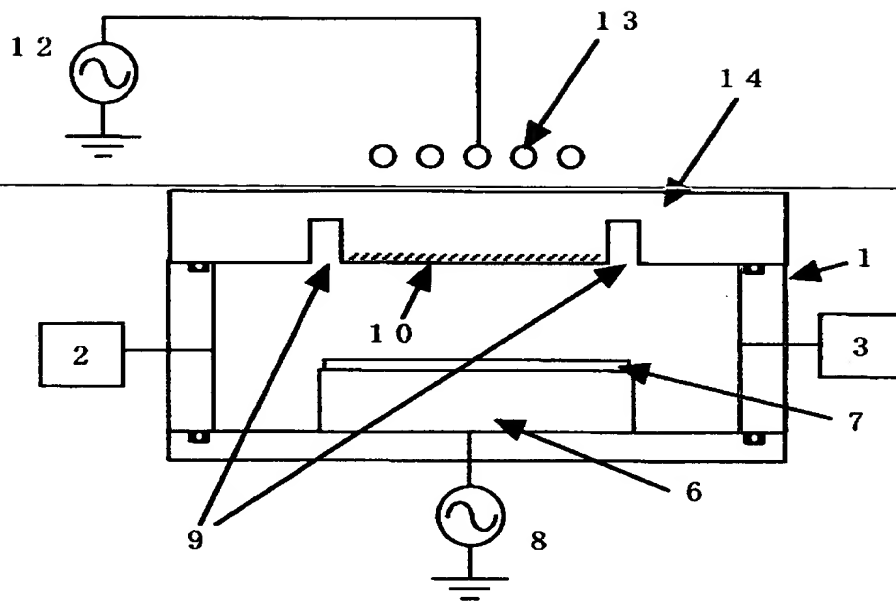
【図 6】



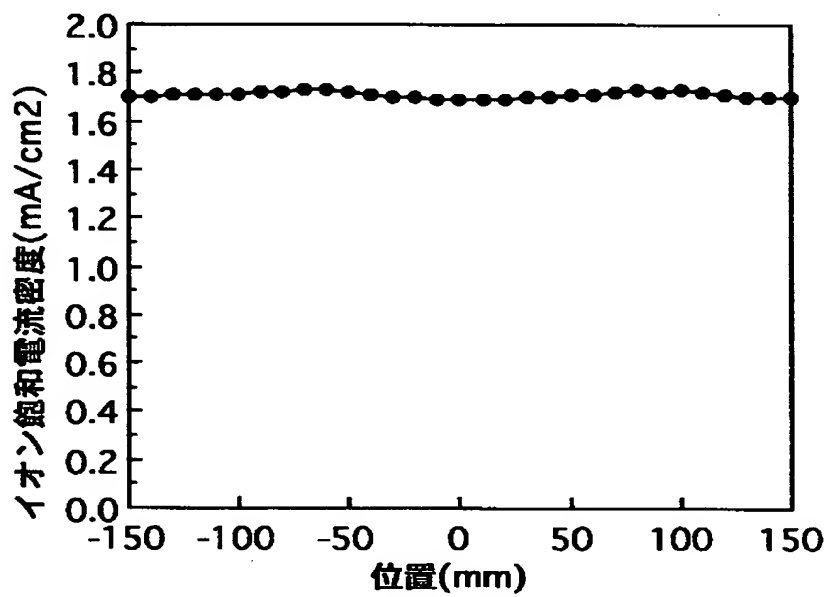
【図 7】



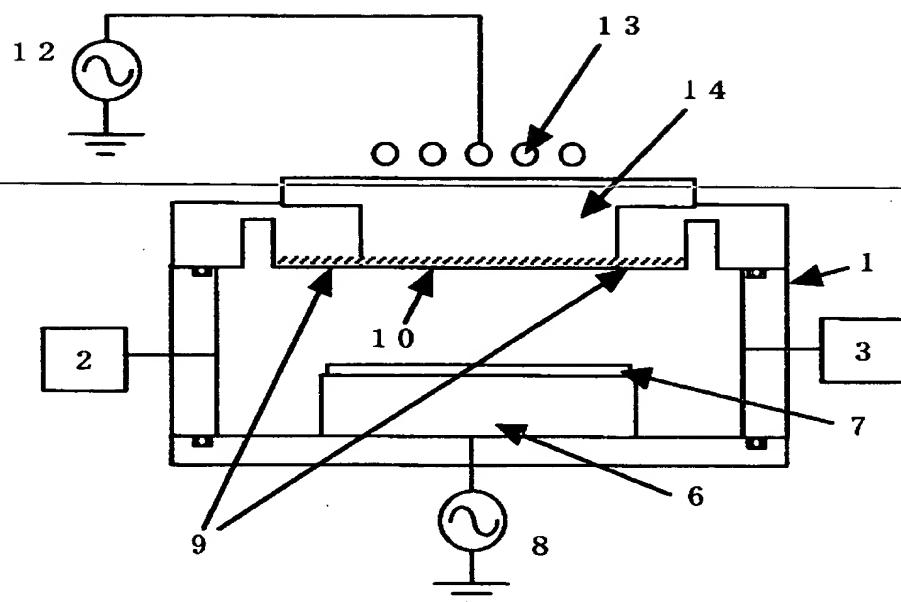
【図 8】



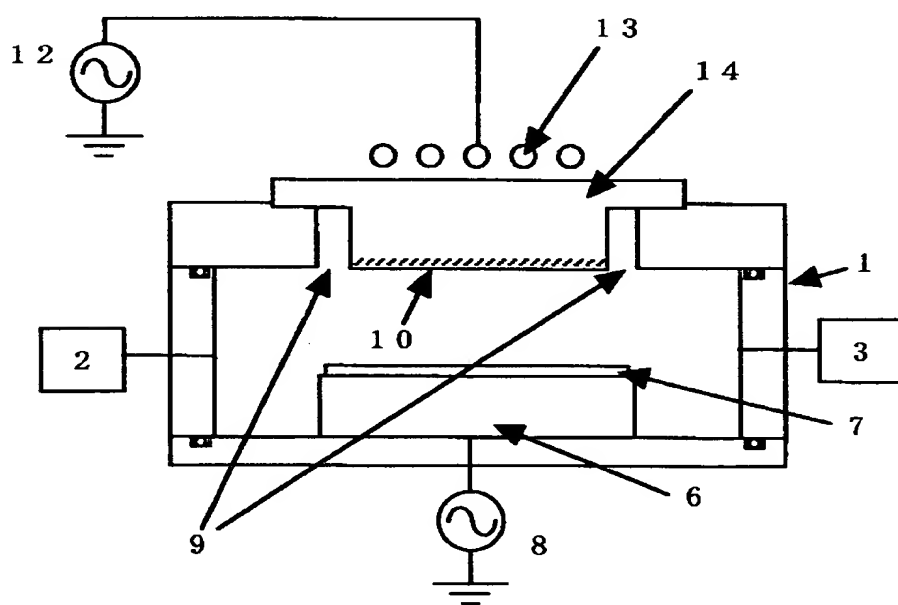
【図 9】



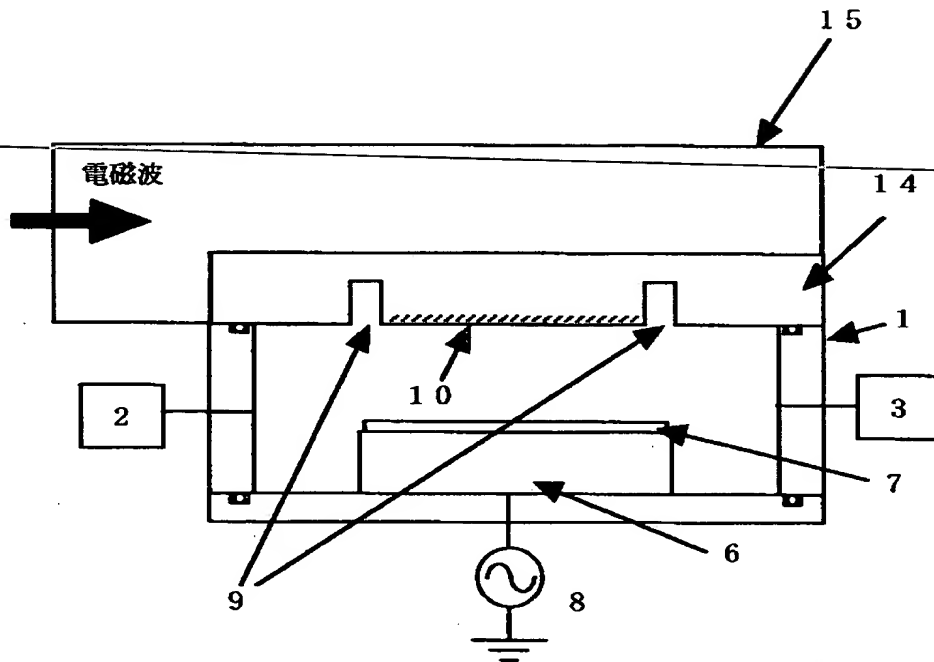
【図 10】



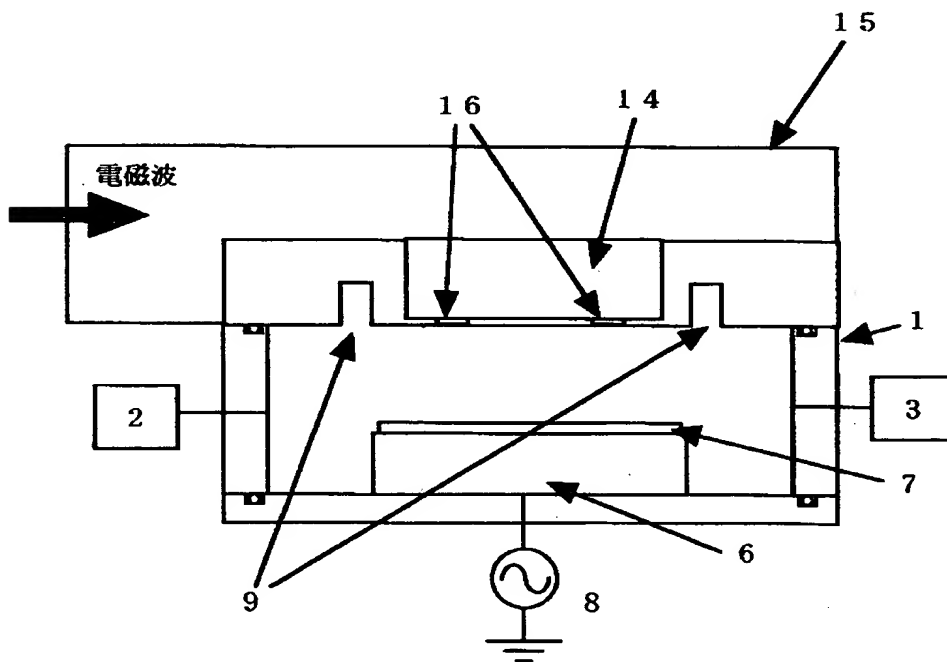
【図 11】



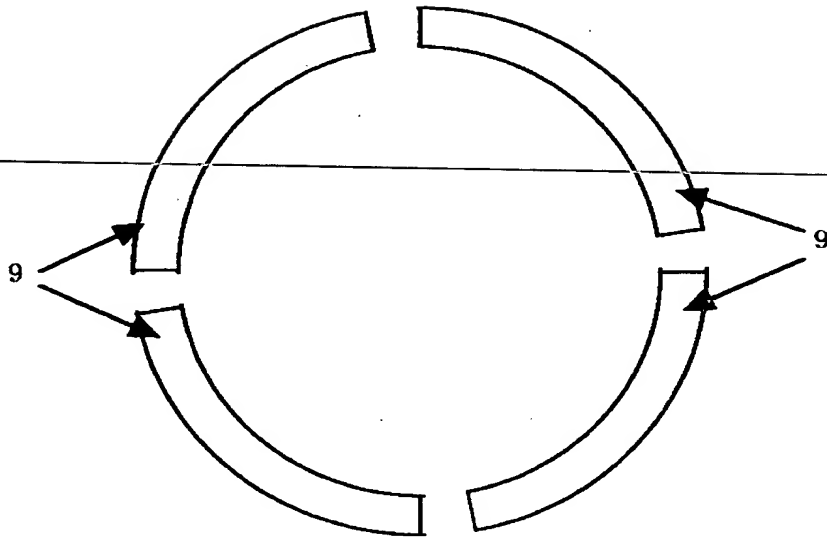
【図 12】



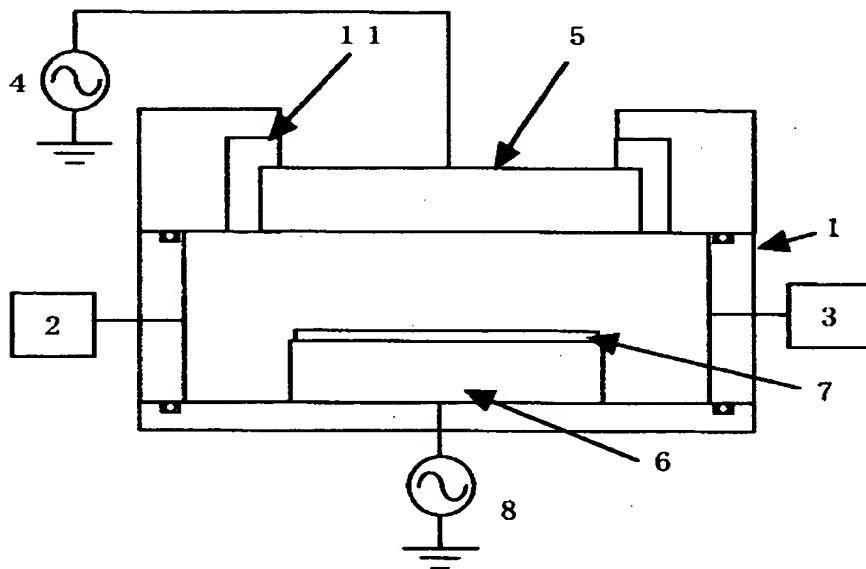
【図 13】



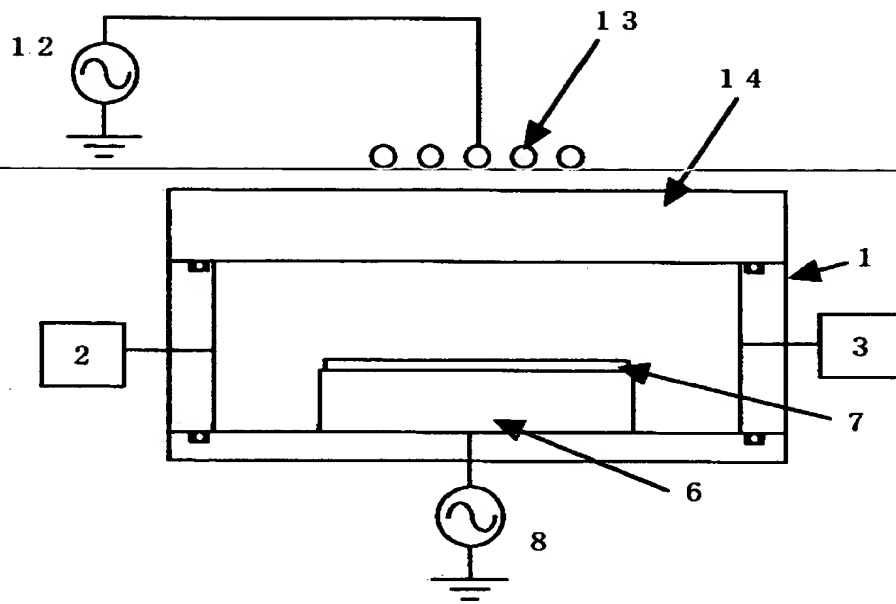
【図 14】



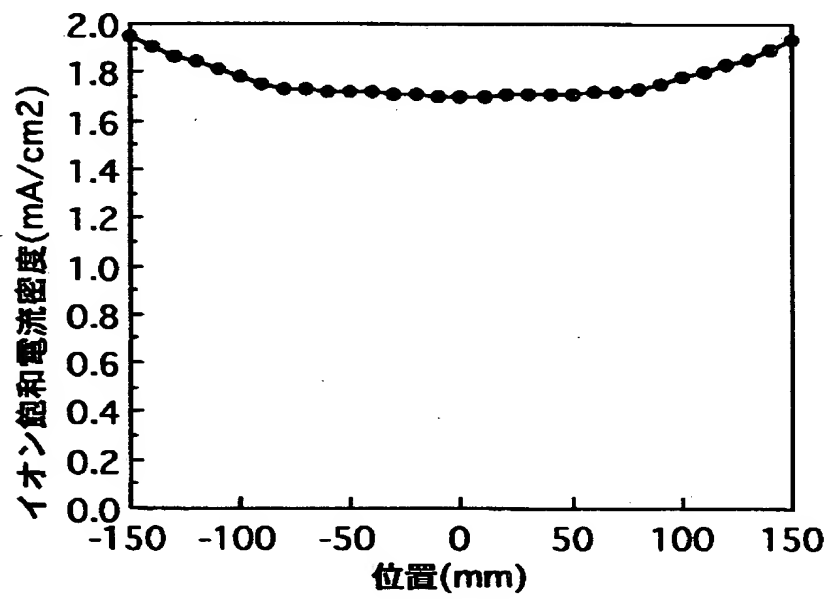
【図 15】



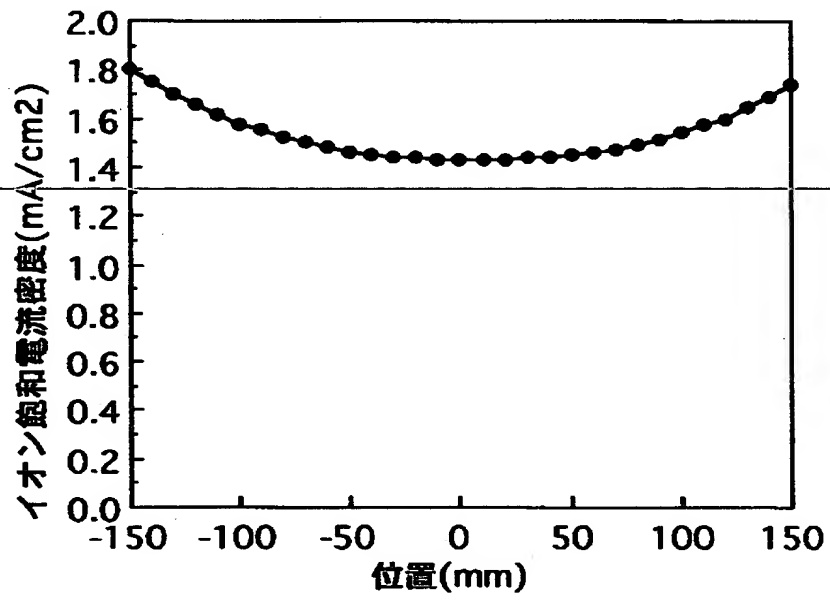
【図 1 6】



【図 1 7】



【図 18】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 均一なプラズマを発生させることができるプラズマ処理方法及び装置を提供する。

【解決手段】 プラズマトラップ9が設けられている真空容器1内に、ガス供給装置2から所定のガスを導入しつつ、排気装置としてのポンプ3により排気を行い、真空容器1内を所定の圧力に保ちながら、対向電極用高周波電源4により100MHzの高周波電力を対向電極5に供給することにより、真空容器1内に均一なプラズマが発生し、基板電極6上に載置された基板7に対してエッチング、堆積、表面改質等のプラズマ処理を均一に処理することが可能である。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

{ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 }

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地  
氏 名 松下電器産業株式会社